OBERFLÄCHENTEMPERATUREN IM SÜDLICHEN INDISCHEN OZEAN 1901—1903

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

GENEHMIGT

VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

VON

RUDOLF LÜTGENS
AUS HAMBURG

AGID
BIBL

TAG DER PROMOTION: 8. JULI 1905.

REFERENTEN:

PROFESSOR DR. FRHR. VON RICHTHOFEN
PROFESSOR DR. VON BEZOLD.

BERLIN 1905
GEDRUCKT IN DER KÖNIGLICHEN HOFBUCHDRUCKEREI VON E. S. MITTLER & SOHN
KOCHSTRASSE 68—71.

MEINEN ELTERN

Die vorliegende Arbeit wurde an der Deutschen Seewarte zu Hamburg angefertigt. Ich verfehle nicht an dieser Stelle Herrn Abteilungsvorsteher Dr. Gerh. Schott, der mich zu der Arbeit anregte und mich auch während der Abfassung derselben mit seinem Rat unterstützte, sowie Herrn Kontreadmiral Herz, Direktor der Deutschen Seewarte, der mir den längeren Aufenthalt an der Seewarte und die Benutzung des Apparates derselben gestattete, meinen besten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548904_0030

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

I. Überblick über die Arbeit und das benutzte Material.

1. Zeitliche und räumliche Begrenzung.
2. Gewinnung des Beobachtungsmaterials.
3. Verwertung des Materials.
4. Vorhandene Normalwerte.

II. Die Oberflächentemperaturen in den Jahren 1901—1903.

1. Betrachtung der Isothermenkarten.
   a) 1901.
   b) 1902.
   c) 1903.
2. Verfolg des Temperaturganges an meridionalen Schnitten.
   a) Schnitt I.
   b) Schnitt II und III.
   c) Schnitt IV.

III. Vergleichende Ergebnisse.

1. Das östliche Gebiet geringer Schwankungen.
2. Das westliche und mittlere Gebiet starker Schwankungen.
   a) Die Abweichungen bedingt durch die Westwindtrift.
   b) Die Kälteperiode Winter 1902 bis Sommer 1903.

IV. Beziehungen zur Antarktis.

1. Beweis gleichzeitiger Temperaturabweichungen.
2. Die Eisvorstöße.
3. Klimaschwankungen der Antarktis.

Zusammenstellung.

Anhang. 12 Karten die Verteilung der Oberflächentemperaturen in den Jahren 1901—1903,
4 Karten die Abweichungen der Temperatur vom normalen Mittel, Winter 1902 bis Sommer 1903, darstellend.

Für die europäischen Nordmeere und den Nordatlantischen Ozean hat die moderne Meeresforschung schon seit Jahren sich nicht damit begnügt, Mittelwerte für die hydrographischen und meteorologischen Elemente zu bestimmen. Von dem Grundsatze ausgehend, daß nur eine fortlaufende Betrachtung der Änderungen und der sie bedingenden Ursachen uns eine befriedigende Erklärung vieler Probleme der Ozeanologie und maritimen Meteorologie geben kann, sind die gemeinsamen Arbeiten der nordeuropäischen Seestaaten zur Erforschung der nordeuropäischen Meere zustande gekommen. Durch Terminfahrten und unter Benutzung des von Handelsschiffen gesammelten Materials wird in diesen Meeren jetzt von drei zu drei Monaten ein Überblick über die wichtigsten Elemente gewonnen. Für den Nordatlantischen Ozean und das Mittelmeer werden schon Monatswerte der hydrographischen und meteorologischen Elemente abgeleitet, während die Witterungsverhältnisse des Nordatlantischen Ozeans von dem Dänischen Meteorologischen Institut und der Deutschen Seewarte festgestellt werden.

Solche eingehenden Untersuchungen fehlen dagegen bei den übrigen Meeren. Mehrere Gründe mögen dafür maßgebend sein. Der weitaus größte Teil des internationalen Handelsverkehrs spielt sich auf den oben genannten Meeresräumen ab. Für sie muß also naturgemäß zuerst das Bedürfnis einer genaueren Erforschung eintreten, und diese ist leicht, weil die Meere nahe den interessierten Staaten liegen und ohne allzu große Kosten regelmäßig durch Spezialschiffe untersucht werden können. Auch ökonomische Bedürfnisse — wir brauchen nur an die Bedeutung und den Umfang der Seefischerei zu denken — sprechen hier mit. Dann ist ferner das vorliegende Beobachtungsmaterial für die übrigen Meere meistens nicht genügend, um in die Einzelforschung einzutreten, da es sich einerseits über zu große Gebiete verteilt, und anderseits beim Gewinnen dieses Materials nicht immer die genügende Sorgfalt obwaltet. Daß der Handel an gewisse Wege gebunden und die hauptsächlich in Betracht kommenden Segelschiffsbeobachtungen durch viele die richtige Verwertung des Materials oft unmöglich machende Ursachen beeinflußt werden, ist gleichfalls nicht günstig für die Untersuchung ozeanologischer und klimatologischer Fragen.[1])

Trotz dieser Mängel soll nun in der vorliegenden Arbeit der Versuch gemacht werden, für ein größeres Gebiet, nämlich für den befahrenen Teil des südlichen Indischen Ozeans, den Verlauf der Wassertemperaturen, des wichtigsten hydrographischen Elements, für einen durch äußere Umstände gegebenen Zeitraum von Vierteljahr zu Vierteljahr festzulegen und die daraus folgenden Ergebnisse zu deuten.

---

[1]) W. Meinardus: Über die Methoden der Verarbeitung von meteorologischen Beobachtungen zur See. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 1894. Bd. XXIX.

Derselbe: Über die Methoden der maritimen Klimatologie. Meteorol. Zeitschr. »Das Wetter«. 1900. Heft 2 u. 3.

I. Überblick über die Arbeit und das benutzte Material.

1. **Zeitliche und räumliche Begrenzung.** Für die deutsche Forschung ist der Indische Ozean schon lange ein Gebiet regen Interesses gewesen. Nachdem gegen Ende des verflossenen Jahrhunderts die Valdivia unter Chun ihre erfolgreiche Fahrt unternommen, sahen die ersten Jahre des neuen Jahrhunderts v. Drygalski mit der deutschen Südpolarexpedition im Gebiet des Indischen Ozeans, auf dem Wege, für den v. Neumayer[1]) eingetreten war, seinen Vorstoß nach Süden unternehmen. In den gleichen Jahren wirkten auch die englische, schwedische und schottische Expedition in der Antarktis. Es lag daher nahe, für die geplante Untersuchung die Jahre der internationalen Südpolarforschung zu wählen, um für diesen wichtigen Zeitabschnitt einen Überblick über die Temperaturverteilung und ihre Änderung im südlichen Indischen Ozean zu gewinnen. Deshalb wurden die drei Jahre 1901 bis 1903 einschließlich der Bearbeitung unterzogen. Das in Betracht kommende Gebiet wurde in der folgenden Weise begrenzt. Nach Norden wurde der 30. Grad südlicher Breite als Grenze gezogen, während im Süden die Schiffahrtsgrenze in der Gegend des 46. südlichen Breitengrades eine unfreiwillige Grenzlinie bildete. Teilweise lagen allerdings mit der deutschen Expedition in Zusammenhang stehende Beobachtungen bis zum 52. Grad südlicher Breite vor. Es waren dies die Beobachtungen der die Kerguelen anlaufenden Dampfer »Staßfurt«, »Tanglin«, »Meißen«. Östlich schloß das Gebiet mit dem durch Kap Leuwin gehenden 115. östlichen Längengrad ab. Dementsprechend hätte im Westen der Kap Agulhas schneidende 20. Meridian die Grenze bilden müssen. Um aber das Wirkungsgebiet des Agulhasstromes ganz verfolgen zu können, wurde erst der 15. Meridian östlich von Greenwich als Grenze gewählt. Erwähnt sei, daß auch Beobachtungen jenseits dieser Grenzlinien regelmäßig mit benutzt wurden, da sie für die Zeichnung der Isothermenkarten wertvolle Anhaltspunkte boten. Für sie bildete westlich der Meridian von Greenwich die Grenze, während im Osten bis zum 120. Grad gegangen wurde.

2. **Gewinnung des Beobachtungsmaterials.** Zweckmäßig dürfte es sein, vorerst das für die Arbeit in Betracht kommende Material zu beleuchten. Es lagen die in dem Archiv der Deutschen Seewarte zu Hamburg befindlichen Schiffsjournale, sowie für einzelne Teile des Gebietes die Beobachtungen des »Gauß«, vor. Die hierbei in Betracht kommenden Segelschiffe waren vor allem in der Fahrt Europa— bzw. Kapland—Australien, Europa— bzw. Nordamerika—Hinterindien oder Ostasien und zurück nach Europa beschäftigt. Nur um das Kap der guten Hoffnung fuhren die Dampfer der Deutschen Ostafrika-Linie, nur an der australischen West- und Südküste die des Norddeutschen Lloyd. Für die Strecke Kapland—Australien kamen die Fahrten der Deutsch-Australischen Dampfschiffgesellschaft, Hamburg, in Betracht. Diese Handelswege sind natürlich von einschneidender Bedeutung für die Verteilung des Beobachtungsmaterials, da sich im allgemeinen alle Beobachtungen auf diese schmalen, den Ozean durchkreuzenden Linien zusammendrängen.[2])

An benutzbaren Journalen, d. h. solchen, deren Beobachtungen mit »anscheinend« genügender Sorgfalt und genügenden Instrumenten ausgeführt waren, fanden sich 131 Segelschiff- und 129 Dampferjournale vor. Fast $^3/_4$ der Beobachtungen stammen von Segelschiffen, da fast alle Journale 2 und mehr Reisen enthielten, während die Dampfer, die ja außerdem auch ihre Reise in weitaus kürzerer Zeit zurücklegen, schon nach einer Reise das Journal abgaben.

Ursprünglich war geplant, auch Lufttemperatur, Winde und Strömungen mit zu untersuchen. Auch diese Elemente wurden deshalb zugleich ausgezogen. Es ergab sich aber, daß für diese veränderlicheren Elemente nicht die nötige Summe von Beobachtungen vorlag, um diskutierbare Werte zu erhalten, so daß dieses Material leider nicht benutzt werden konnte.

---

[1]) Siehe die verschiedenen Vorträge, die in dem Sammelwerke Neumayers »Auf zum Südpol« vereinigt sind.

[2]) Indischer Ozean, ein Atlas. Beilage zum Segelhandbuch für den Indischen Ozean herausgeg. von der Deutschen Seewarte. Hbg. 1891. Tafel 33 u. 34.

Wassertemperaturbeobachtungen wurden im ganzen etwa 30 000 verwertet. Für die vier Terminmonate Februar, Mai, August, November ergab sich dabei die folgende Anzahl von Beobachtungen.

Tabelle I.

Termin	1901	1902	1903	Summe
Februar	663	1033	559	2255
Mai	467	656	1114	2237
August	557	669	1034	2260
November	1091	848	1024	2963
Summe . . .	2778	3206	3731	9715

Auf ein Zweigradfeld kamen für den Terminmonat etwa 5 Beobachtungen. Da die Wassertemperaturen in kürzeren Zeiträumen keinen großen Schwankungen unterworfen sind, dürfte diese Zahl, abgesehen natürlich von Gebieten, in denen nachweisbar größere Sprünge vorkommen, wie z. B. in der Gegend südlich vom Kap der guten Hoffnung, im allgemeinen genügen. Ein Beispiel möge es zeigen.

Im November 1902 lagen für das Zweigradfeld 34/35° S-Br., 114/115° O-Lg. von 4 Schiffen folgende 6 Beobachtungen vor:

17.6°; 17.3°; 17.3°; 18.2°; 18.2° 17.2°.

Die von den einzelnen Schiffen gefundenen Mittelwerte sind:

17.6°, 17.3°, 17.7°, 17.7°,

das Gesamtmittel ist 17.6°.

Wenn also nur die Beobachtungen eines Schiffes vorgelegen hätten, so wären die jedesmaligen Fehler

$\pm$ 0°, — 0.3°, + 0.1°, + 0.1°

gewesen. Ergaben sich dagegen für Felder, für die nur wenige Beobachtungen vorlagen, unwahrscheinliche Werte, so wurden sie, wie weiter unten ausgeführt, korrigiert oder interpoliert.

3. **Verwertung des Materials.** Von der Voraussetzung ausgehend, daß erstens die Oberflächentemperatur jedes Ortes der Fläche mit der Temperatur der Fläche selbst übereinstimmt, und zweitens, daß gerade die Beobachtungen, die an verschiedenen Punkten der Fläche und zu verschiedenen Zeiten gemacht werden, sich zur Bestimmung der Mittelwerte der Fläche eignen,[1]) wurden für Zweigrad-Felder für jeden Monat jedes Jahres die Mittelwerte gebildet. Die Zahlen gelten für die Mitte des Zweigrad-Feldes und des betreffenden Monats. Bei der graphischen Verwertung wurde allerdings die Örtlichkeit der Beobachtungen noch näher berücksichtigt. So z. B., wenn nur für die beiden nördlichen oder südlichen Felder des Zweigrad-Feldes Beobachtungen vorlagen. Für Felder in denen keine Beobachtungen für den betreffenden Monat vorlagen, wurden nach Möglichkeit Werte interpoliert. Dies geschah auf zwei Weisen, rechnerisch und graphisch. Rechnerisch, indem für einzelne Zweigrad-Felder aus den Mittelwerten für den voraufgehenden und den folgenden Monat für den Terminmonat Werte berechnet wurden, graphisch, indem für größere Gebiete die Isothermen für die beiden Monate gezeichnet, und daraus die mittleren Isothermen für den dazwischen liegenden Monat gewonnen wurden. Auch unrichtig scheinende Werte der Terminmonate — durch einzelne aus irgend welchen Gründen anormale Beobachtungen erhält man solche — wurden auf diese Weise korrigiert. Besondere Schwierigkeit machte die Behandlung des Mischwassergebietes,[2]) wo die große Westwinddrift und die warme Agulhasströmung zusammentreffen.[3]) Die sprungweise Änderung der

[1]) Meinardus, a. a. O. Zeitsch. d. Ges. f. Erdk. 1894.

[2]) Siehe G. Schott in Deutsche Tiefseeexpedition Bd. I. Anmerkung S. 130.

[3]) G. Schott. Wissenschaftl. Ergebnisse einer Forschungsreise zur See in den Jahren 1891 bis 1892. Pet. Mitt. Erg.-Heft 109. S. 58 ff.

Temperatur, die auch nach Bildung der Mittelwerte teilweise bis zu 3° C. ausmachte, mußte nach Möglichkeit ausgeglichen werden. Nur wenn die betreffenden Streifen kälteren bzw. wärmeren Wassers sich über mehrere Felder ausdehnten, wurden sie auch graphisch durch ein starkes Ausbuchten der Isothermen berücksichtigt.

4. **Vorhandene Normalwerte.** Abgesehen von den durch die größere Schiffahrt treibenden Nationen herausgegebenen Segelhandbüchern, die auch häufig eine allgemeine und spezielle physische Meereskunde bieten, kommen für das bearbeitete Gebiet mehrere Kartenwerke in Betracht. Von englischer Seite veröffentlicht sind die »Meteorological Charts of the Southern Ocean between the Cape of Good Hope and New Zealand«, London 1899. Das Werk enthält die Normalwerte der meteorologischen und hydrographischen Elemente für jeden Monat. Die Oberflächentemperaturen sind wie bei allen englischen Veröffentlichungen leider in Graden Fahrenheit gegeben, so daß ein direkter Vergleich sehr mühsam ist. Ein Vorläufer dieses Atlasses sind die 1883 erschienenen »Meteorological Charts for the Ocean District adjacent to the Cape of Good Hope«. Nur die Strömungen enthalten die »Monthly Current Charts for the Indian Ocean«, London 1896, während Brault in »Mer des Indes« nur die Winde behandelt. Von holländischer Seite stammen die »Warnemingen in den Indischen Oceaan«, die gleichfalls alle Elemente enthalten. Es war ursprünglich beabsichtigt, der vorliegenden Arbeit diese neuesten holländischen Werte zugrunde zu legen. Das mußte jedoch wegen der Unvollständigkeit des Werkes unterbleiben, da bisher nur die drei Bände, welche die Monate Dezember bis August enthalten, erschienen sind. Für die vier Terminmonate Februar, Mai, August und November sind die Mittelwerte im »Atlas der Deutschen Seewarte für den Indischen Ozean« vorhanden und bilden für die Vergleiche mit den Oberflächentemperaturen der Jahre 1901 bis 1903 die normalen Werte. Die deutschen und die holländischen Werte stimmen im allgemeinen gut überein. Die geringen Unterschiede sind wohl nur dadurch entstanden, daß die holländische Veröffentlichung geringe Schwankungen beim Zeichnen der Isothermen berücksichtigte und so Linien erhielt, die mehr kleine Ausbuchtungen zeigen. Die neuesten Jahresmittel der Oberflächentemperatur enthält endlich der »Atlas zu Band I des Valdiviawerkes«.

II. Die Oberflächentemperaturen in den Jahren 1901 bis 1903.

1. **Kurze Betrachtung der Isothermenkarten.** Es soll zunächst ein Überblick über den Isothermenverlauf in den einzelnen Terminmonaten der Jahre 1901 bis 1903 einschließlich gegeben werden. Für den Gang der Untersuchung erweist es sich als praktisch — spätere Ausführungen werden es zeigen — das zu behandelnde Gebiet in drei Teile zu zerlegen. Zur Trennung wählen wir die Meridiane 40 und 75° O-Lg. Es wird das Gebiet von 15 bis 40° Ost als westlicher, von 40 bis 75° als mittlerer und vom 75. bis 115. Grad als östlicher Teil bezeichnet werden. Verfolgt werden soll vor allem der Verlauf der 10° Isotherme, die in allen Jahreszeiten in das befahrene Gebiet fällt. Bei dieser kurzen Zusammenstellung kann natürlich nur auf die Hauptzüge aufmerksam gemacht werden. Betreffs der Einzelheiten muß hier, wie auch in allen folgenden Abschnitten immer wieder auf die 12 Isothermenkarten, aus denen alle Folgerungen direkt oder indirekt abgeleitet sind, verwiesen werden.

a) 1901 Februar: Im westlichen Teil ist der Februar normal. Der Verlauf der 20° Isotherme deckt sich genau mit der normalen Lage, während die 10° Isotherme zwischen dem 35. und 45° O-Lg. ein wenig nach Norden verschoben ist. Diese Verschiebung verstärkt sich im mittleren Teil beträchtlich, so daß hier die Temperaturen zu niedrig sind. Im östlichen Teil kann die Lage der Isothermen als ungefähr normal gelten. Eine positive Abweichung bezeichnet die Lage der 20° Isotherme, während die Gegend des 40. Breitengrades etwas zu kalt ist.

Mai: Der südliche Herbst zeigt uns im westlichen Teil und in der ersten Hälfte des mittleren Teils normale Wassertemperaturen. Bis zum 50. Meridian sind nennenswerte Abweichungen nicht zu verzeichnen. Dann aber tritt eine negative Abweichung auf, die sich auch in dem östlichen Teile erhält, und zwar in einer für die Gegend östlich vom 100. Meridian ungewöhnlichen Stärke, wie sie auch in den folgenden Jahren nicht wieder beobachtet wurde.

August: Der erste Winter bietet im allgemeinen in allen Teilen des Ozeans ein normales Bild. Abgesehen von der Gegend zwischen 48 und 58° O-Lg. verläuft die 10° Isotherme ganz normal. Ebenso die übrigen höheren Isothermen. Abnorme Temperatur zeigt nur die Kältebucht, die sich von den Prinz Edward und Crozet-Inseln nordwärts erstreckt und Abweichungen von 2° hat. Doch darf man nicht übersehen, daß für diese Gegend nur spärliches Material vorliegt.

November: Der letzte Terminmonat des Jahres 1901 unterscheidet sich auffällig von den vorhergehenden dadurch, daß der westliche Teil zu kalt ist. Dagegen muß der mittlere Teil wieder gesondert betrachtet werden, da die westliche Hälfte zu kalt, die östliche aber normal bzw. zu warm ist. Im östlichen Teil kann die Oberflächentemperatur mit geringen Abweichungen als normal bezeichnet werden.

b) **1902** Februar: Der südliche Sommer zeigt uns ein neues Bild im Verlauf der Isothermen. Es findet im westlichen Teile ein starkes Zusammendrängen der Linien gleicher Temperatur statt. Während die 10° Isotherme nur wenig nördlich von der normalen Lage verläuft, buchten die höheren Isothermen stark nach Süden aus, so daß besonders die Gegend zwischen 35 und 42° S-Br. zu warm ist. Der mittlere Teil muß hauptsächlich in höheren Breiten als zu kalt gelten, während der östliche Teil, von ganz geringen negativen Abweichungen abgesehen, normal ist.

Mai: Im Mai 1902 nehmen die Isothermen in allen drei Teilen des Ozeans einen fast normalen Verlauf. Merkliche Abweichungen, d. h. solche, die $\pm$ 1° überschreiten, sind nicht vorhanden.

August: Ein ganz anderes Bild bietet dieser Winter, den der »Gauß« im antarktischen Eise zubrachte. Das westliche Drittel ist viel zu kalt. So reicht die 20° Isotherme südwärts nicht mehr über den 30. Breitengrad. Auch der mittlere Teil ist zu kalt, besonders im Nordosten der Crozet-Inseln, während die Temperaturverteilung im östlichen Teile unseres Gebietes normal ist.

November: Abnorm kalt ist im südlichen Frühling 1902 der westliche Teil. Die 10° Isotherme ist meistens um zwei volle Breitengrade nach Norden verschoben. Gleichfalls zu kalt ist die mittlere Gegend, in der wieder stark das Kältegebiet der Crozet-Inseln zur Geltung kommt, während weiter nördlich die 14° Isotherme schon fast eine normale Lage innehat. Das Gebiet östlich vom 70. Längengrad zeigt nichts Anormales.

c) **1903** Februar: Dies Jahr ist im Februar im westlichen Teile zu kalt. Allerdings haben wir hier wieder ein Zusammendrängen der Isothermen, so daß in der Gegend 30 bis 40° O-Lg. eine geringe positive Abweichung vorhanden ist. Viel zu kalt ist dann vor allem die Gegend zwischen 40 und 60° O-Lg. Die 12° Isotherme schneidet z. B. den 50. Meridian in einer Breite, wo in einem normalen Sommer die 16° Isotherme sich befinden soll. Dagegen sind im östlichen Teile die Temperaturen, von geringen Abweichungen abgesehen, fast normal.

Mai: Verhältnismäßig kleine Abweichungen zeigt der Mai. Entschieden zu kalt ist nur der westliche Teil. Unter normal sind im mittleren Teile dann noch die Temperaturen südlich vom 42. Breitengrad zwischen den Crozet-Inseln und den Kerguelen. Der Isothermenverlauf im östlichen Drittel ist fast normal, in niederen Breiten sogar etwas zu südlich.

August: Im August findet im Agulhasstromgebiet wieder ein Zusammendrängen der Isothermen statt, da die 20° Isotherme nach Süden rückt. Im zweiten Drittel finden wir im Süden wieder eine negative Abweichung. Der ganze Osten ist dagegen zu warm, wenngleich nicht viel.

November: Im letzten Monat ist die Temperaturverteilung normal. Die 10° Isotherme nimmt in ihrem ganzen Verlauf eine normale Lage ein. Zu kalt ist lediglich die Wasserwärme in einem kleinen Gebiet östlich vom Kapland und wieder die Gegend nördlich der Kerguelen.

2. **Verfolg des Temperaturganges an meridionalen Schnitten.** Durch passend gewählte meridionale Schnitte sollen nun zahlengemäß die Erscheinungen der Jahre 1901 bis 1903 verfolgt werden. Um die von dem Agulhasstrom beeinflußte Temperaturverteilung festzustellen, dient ein Schnitt im 30. Grad O-Lg. Für die Schnittpunkte dieses Meridians mit dem 35., 40., 45. Breitengrad werden die Oberflächentemperaturen der Terminmonate und der normalen Mittel aus dem Atlas für den Indischen Ozean gezeichnet und auch tabellarisch festgelegt.

Nördlich von den Crozet-Inseln zeigt sich ein starkes Ausweichen der Isothermen nach Norden. Wir legen deshalb durch den 50. Meridian einen zweiten Schnitt.

Weiter östlich ziehen dann die Isothermen wieder südwärts und veranlassen uns, den 60. Meridian, von wo ein Zurückbiegen der Linien in die normale den Breitenkreisen parallele Lage im östlichen Teil stattfindet, zu einem dritten Schnitt zu benutzen.

Die Temperaturverteilung im östlichen Teil soll uns schließlich ein in 110° O-Lg. ausgeführter vierter Schnitt zeigen.

Bei der Kurvendarstellung gibt die ausgezogene Linie den normalen, die gestrichelte den beobachteten Temperaturgang an. Die Ordinate ist nach Graden Celsius geteilt, so daß sich aus den Kurven auch direkt die Differenzen ablesen lassen. Die dritte Zeile in der Tabelle gibt in Zahlen diese Differenzen an. Die erste Zeile enthält den Normalwert, die zweite den beobachteten in dem oberhalb bezeichneten Monate.

a) **Schnitt I.** (Fig. I.)

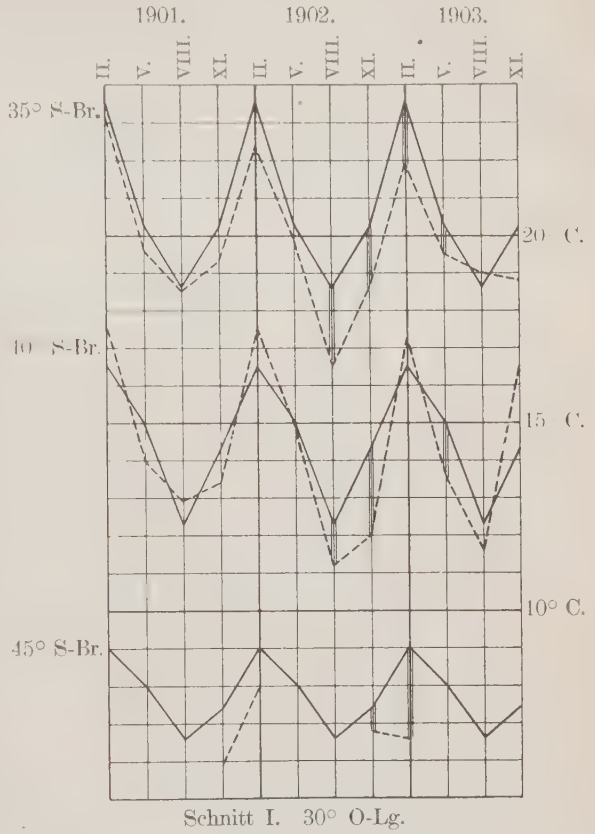
30° O-Lg.	1901				1902				1903			
	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI
35° S-Br.												
Normalwert	23.5	20.3	18.6	20.2	23.5	20.3	18.6	20.2	23.5	20.3	18.6	20.2
Beobacht. Wert. . . .	23.1	19.6	18.5	19.3	22.4	19.9	16.5	18.6	21.9	19.5	19.0	18.8
Δ	0.4	0.7	0.1	0.9	**- 1.1**	0.4	**2.1**	**1.6**	**1.6**	0.8	- 0.4	**- 1.4**
40° S-Br.												
Normalwert	16.5	15.0	12.3	14.3	16.5	15.0	12.3	14.3	16.5	15.0	12.3	14.3
Beobacht. Wert . . .	17.5	14.0	12.9	13.4	17.5	14.9	11.2	12.0	17.2	13.6	11.6	16.5
Δ =	+1.0	—1.0	+0.6	—0.9	+1.0	—0.1	**—1.1**	**—2.3**	+0.7	**—1.4**	—0.7	+2.2

Der erste Schnitt charakterisiert das Gebiet des Agulhasstromes, wenngleich dieser, im weiteren Verlauf nach SO setzend, seinen Haupteinfluß mehr östlich geltend macht. Im Jahre 1901 zeigt der Schnitt im großen ganzen eine normale Temperaturverteilung. Im Februar haben wir unter 40° S-Br. die verhältnismäßig große positive Abweichung von 1°C., die sich im Mai in eine ebenso große negative verwandelt, ein Wechsel, der sich abgeschwächt vom August zum November wiederholt. In der niederen Breite, 35 Süd, haben wir dagegen in allen vier Terminmonaten geringe negative Abweichungen von 0.1 bis 0.9°. Schon oben wurde mehrfach darauf hingewiesen, daß in den südlichsten Teilen des befahrenen Gebietes, etwa südlich vom 45. Breitengrade und zwischen 30° und 60° O-Lg., sich eine Kältezone befindet. Auch in dem sonst als normal zu bezeichnenden Jahre 1901 — die Abweichungen übersteigen ± 1 C. nicht — finden wir hier im November, für den Beobachtungen vorliegen, ein Wärmedefizit von 1.5 . Die Ausführungen für diese

südlichsten Gegenden stützen sich jedoch immer nur auf wenige Beobachtungen, und es darf ihnen deshalb kein zu großer Wert beigelegt werden.

Das Jahr 1902 läßt sich ähnlich an. Im Februar haben wir unter 40° S-Br. einen Wärmeüberschuß von 1°, dagegen ist unter 35° und 45° S-Br. die Temperatur der Oberfläche um etwa 1° zu niedrig. Bemerkenswert ist der Mai, der südliche Herbst des Jahres, in dem sich nur ganz geringe Abweichungen unter $\pm$ 0.5° finden. Wir werden auf die Ausnahmestellung dieses Mai später zurückkommen. August und November sind viel zu kalt, da die Abweichungen den Grenzwert — 1° bedeutend überschreiten. Im August ist die Temperatur unter dem 35. Breitengrad um 2.1°, im November unter dem 40. sogar nur 2.3° zu niedrig. Die Kurven führen uns am besten die Eigenart des Jahres 1902 — nach einem ganz normalen Herbst einen viel zu kalten Winter und Frühling — vor Augen.

Fig. I.



Schnitt I. 30° O-Lg.

Auch die zwei ersten Terminmonate des letzten Berichtsjahres sind zu kalt. Jedoch besteht auch hier der schon in den beiden früheren Monaten Februar unter dem 35. Breitengrade vorhandene Wärmeüberschuß. Sonst ist das von diesem Schnitt getroffene Gebiet viel zu kalt. Nur wenig zu kalt ist der Mai, während der August als normal bezeichnet werden kann, da die Abweichungen $\pm$ 1° C. nicht übersteigen. Im November dagegen ist die Wärmeverteilung sehr unregelmäßig, da sie im Norden starke negative, im Süden starke positive Abweichungen zeigt.

Die folgende Tabelle zeigt die Werte für die Schnittpunkte der entsprechenden Breitenkreise mit dem 35. Meridian. Sie ist nur eine Ergänzung des Schnittes I und bietet dasselbe, allerdings etwas verstärkte Bild.

35° O-Lg.	1901				1902				1903			
	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI
35° S-Br.												
Normalwert	22.6	19.5	17.6	19.3	22.6	19.5	17.6	19.3	22.6	19.5	17.6	19.3
Beobacht. Wert . . .	22.8	20.1	17.8	18.6	21.4	19.8	14.3	18.4	19.8	18.4	17.6	18.7
Δ =	+0.2	+0.6	+0.2	−0.7	**−1.2**	+0.3	**−3.3**	−0.9	**−2.8**	**−1.1**	±0	−0.6
40° S-Br.												
Normalwert	15.8	14.3	12.6	13.8	15.8	14.3	12.6	13.8	15.8	14.3	12.6	13.8
Beobacht. Wert . . .	17.8	13.9	12.9	12.8	17.5	14.7	10.0	10.5	15.8	13.0	12.5	15.7
Δ =	+2.0	−0.4	+0.3	−1.0	+1.7	+0.4	**−2.6**	**−3.3**	±0	**−1.3**	−0.1	+1.9

b) **Schnitt II und III.**

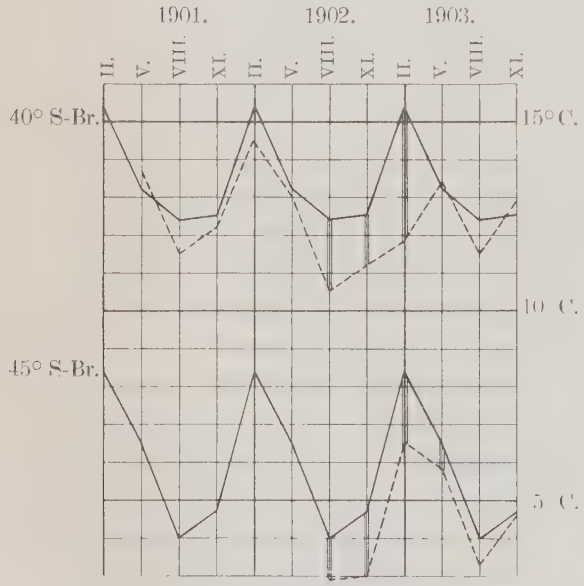
Schnitt II. (Fig. II.)

50° O-Lg.	1901				1902				1903			
	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI
40° S-Br.												
Normalwert	15.4	13.2	12.4	12.5	15.4	13.2	12.4	12.5	15.4	13.2	12.4	12.5
Beobacht. Wert . . .	—	13.7	11.5	12.2	14.5	13.0	10.5	11.2	11.8	13.4	11.5	12.9
Δ =	—	+0.5	−0.9	−0.3	−0.9	−0.2	**−1.9**	**−1.3**	**−3.6**	+0.2	−0.9	+0.4
45° S-Br.												
Normalwert	8.4	6.5	4.0	4.7	8.4	6.5	4.0	4.7	8.4	6.5	4.0	4.7
Beobacht. Wert . . .	—	—	—	—	6.8	—	2.9	3.0	6.5	5.8	3.3	4.6
Δ =	—	—	—	—	**−1.6**	—	**−1.1**	**−1.7**	**−1.9**	−0.7	−0.7	−0.1

Schnitt III. (Fig. III.)

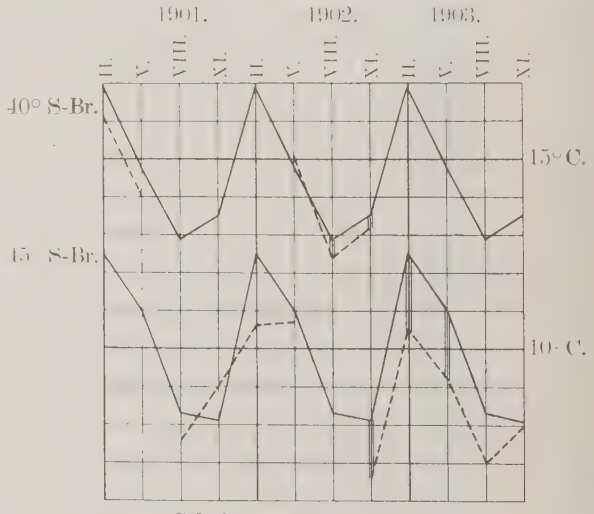
60° O-Lg.	1901				1902				1903			
	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI
40° S-Br.												
Normalwert	16.9	14.8	12.9	13.5	16.9	14.8	12.9	13.5	16.9	14.8	12.9	13.5
Beobacht. Wert . . .	16.1	14.0	—	13.5	—	15.1	12.4	13.2	—	—	—	
Δ =	−0.8	−0.8	—	±0	—	+0.3	−0.5	−0.3	—	—		
45° S-Br.												
Normalwert	12.5	11.0	8.3	8.1	12.5	11.0	8.3	8.1	12.5	11.0	8.3	8.1
Beobacht. Wert . . .	10.7	—	7.6	9.0	10.6	10.7	—	6.6	10.5	9.2	7.0	8.0
Δ =	**−1.8**	—	−0.7	+0.9	**−1.9**	0.3	—	**−1.5**	**−2.0**	**−1.8**	**−1.3**	−0.1

Fig. II.



Schnitt II. 50° O-Lg.

Fig. III.



Schnitt III. 60° O-Lg.

Die Gegend zwischen 40° und 75° O-Lg. haben wir als den mittleren Teil unseres Gebietes bezeichnet. Die Temperaturverhältnisse dieses Teiles können wir durch die Schnitte II und III, die wir durch den 50. und 60. Meridian legen, erkennen. Allerdings haben wir hier mit einem Übelstand zu rechnen, der bei den übrigen Schnitten nicht so zutage tritt. Die Schiffsbeobachtungen drängen sich auf einen schmalen Streifen zusammen und gehen erst östlich

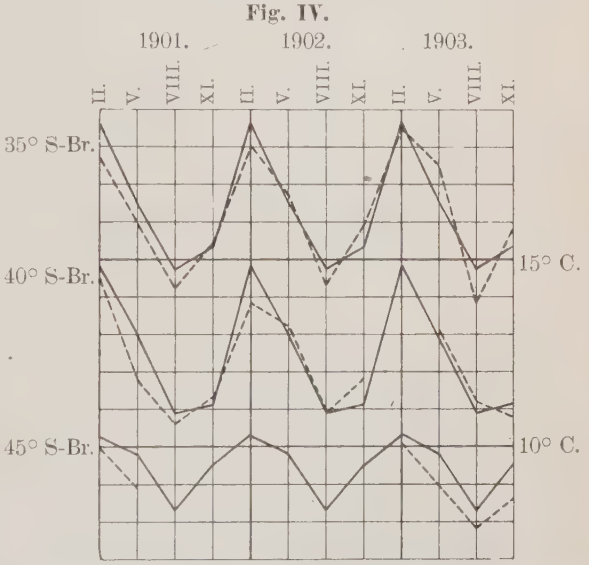
vom 80. Meridian, wo die Indienfahrer von der Australroute abzweigen, wieder auseinander. So kommt es, daß für manche Schnittpunkte keine Werte zu berechnen sind und wir uns mit einer unterbrochenen Kurve zufrieden geben müssen.

Einen unregelmäßigen Verlauf der Temperaturverteilung an der Oberfläche, bei dem allerdings die Schwankungen und Abweichungen keine erheblichen Werte annehmen, finden wir im Jahre 1901. Februar und August sind etwas zu kalt, Mai und November aber normal oder zu warm. Das Maximum der Abweichung — 1.8° findet sich im Februar in der Region zwischen Crozet- und Kerguelen-Inseln.

Auch der Beginn des Jahres 1902 zeigt einen zu kalten Sommer, in dem besonders die Kältezone südlich vom 40. Breitengrade stark ausgeprägt ist. Es finden sich Abweichungen von fast 2°. Wie schon Schnitt I und Ia, zeigen uns auch II und III die auffällige Tatsache, daß der Mai 1902 ein normales Gepräge besitzt, während doch sonst in diesem Jahre die Temperaturverteilung höchst ungleichmäßig ist. In diesem Herbst bleiben jedoch die größten Abweichungen unter $\pm$ 0.3°. Die normale Temperaturverteilung ist dann auch nicht von langer Dauer, denn schon der August zeigt überall wieder große negative Abweichungen, die sich im November teilweise noch verstärken.

Wichen die für die beiden letzten Terminmonate des Jahres 1902 gefundenen Werte stark von den Mittelwerten ab, so haben wir eine bedeutende Steigerung dieser Abweichungen im Februar, dem südlichen Sommer 1903. Die Werte, die überhaupt das Maximum der Abweichung darstellen, sind für Schnitt II — 3.6° und — 1.9°, für Schnitt III — 2.0°. Zu kalt ist auch der Mai, besonders südlich vom 40. Breitengrade. In dieser Gegend findet sich auch im August ein Wärmedefizit von über 1°, ein Wert, der an anderen Stellen nicht mehr erreicht wird. Mit einem im mittleren Gebiete normalen November schließt dann das letzte Berichtsjahr ab.

Fig. IV.



Schnitt IV. 110° O-Lg.

c) **Schnitt IV.** Es erübrigt sich noch, Schnitt IV in 110° O-Lg. (Fig. IV) zu besprechen. Die Abweichungen vom normalen Mittel sind sehr gering, ein einziges Mal über $\pm$ 1° C., und gehen aus der Kurvenskizze und Tabelle zur Genüge hervor.

110° O-Lg.	1901				1902				1903			
	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI	II	V	VIII	XI
35° S-Br.												
Normalwert	18.6	16.5	14.7	15.3	18.6	16.5	14.7	15.3	18.6	16.5	14.7	15.3
Beobachteter Wert . .	17.7	16.0	14.2	15.4	18.0	16.7	14.3	15.9	18.5	17.5	13.8	15.8
Δ =	—0.9	—0.5	—0.5	+0.1	—0.6	+0.2	—0.4	+0.6	—0.1	+1.0	—0.9	+0.5
40° S-Br.												
Normalwert	11.8	13.0	10.9	11.1	11.8	13.0	10.9	11.1	11.8	13.0	10.9	11.1
Beobachteter Wert . .	14.5	11.8	10.6	11.3	13.8	13.2	10.9	11.8	—	13.1	11.2	10.8
Δ =	—0.3	—1.2	—0.3	+0.2	—1.0	+0.2	±0	+0.7	—	+0.1	+0.3	—0.3
45° S-Br.												
Normalwert	10.3	9.8	8.3	9.5	10.3	9.8	8.3	9.5	10.3	9.8	8.3	9.5
Beobachteter Wert . .	10.0	8.9	—	—	9.9	—	—	—	10.1	9.0	7.8	8.6
Δ =	—0.3	—0.9	—	—	—0.4	—	—	—	—0.2	—0.8	—0.5	—0.9

III. Vergleichende Ergebnisse.

1. **Das östliche Gebiet geringer Schwankungen.** Nach diesen Einzelausführungen über den Verlauf der Isothermen in den drei Gebieten und nach der zahlenmäßigen Festlegung der Abweichungen vom Normalen durch bestimmte Schnitte, betrachten wir nunmehr die Wärmeverteilung an der Oberfläche des südlichen Indischen Ozeans in der Gesamtheit ihrer Erscheinungen.

Aus der Betrachtung der Isothermenkarten (Abschnitt II. 1.) (Tafel I u. II) können wir die Berechtigung der Trennung in drei Gebiete erkennen. Die folgende Tabelle II stelle uns noch einmal das in Abschnitt II. 1. Gefundene dar. Wir sehen ohne weiteres, daß der Gegend östlich vom 75. Meridian eine Sonderstellung zukommt. Während wir in den beiden anderen Teilen große Änderungen in der Temperaturverteilung finden, haben wir hier in allen Monaten ein fast normales Bild. Selbstverständlich kommen auch hier Abweichungen vor, aber sie sind gering, und mit einer einzigen Ausnahme immer unter $\pm 1^\circ$ C., so daß wir vor der auffälligen Tatsache stehen, daß ein großes Gebiet jahrelang ein normales Gepräge hat, obwohl die benachbarten Gebiete ein im höchsten

Tabelle II.

		40° O-Lg.		75° O-Lg.
1901	Februar . . .	normal	zu kalt	normal
	Mai	«	«	zu kalt
	August. . . .	«	«	normal
	November . .	zu kalt	zu kalt, zu warm	
1902	Februar . . .	zu kalt	zu kalt	normal
	Mai	normal	normal	«
	August. . . .	zu kalt	zu kalt	
	November . .	«	«	
1903	Februar . . .	zu kalt	zu kalt	normal
	Mai.	«	«	«
	August. . . .	normal	«	zu warm
	November . .	«	normal	normal

Grade wechselvolles Verhalten zeigen. Überhaupt ist auch die räumliche Verteilung der Temperatur in diesem Gebiete selbst sehr gleichmäßig. Ein Vergleich mit der Gegend nördlich der Crozet-Inseln möge es zeigen. Im November 1902 sind die Mitteltemperaturen für die Felder 40—42° S-Br. und 40—60° O-Lg. 7.2, 7.8, 11.4, 12.0, 8.1, 8.2, 9.8, 11.3, 13.6, 13.7 und für dieselbe Breite in 80—106° O-Lg. 12.7, 13.2, 13.0, 12.0, 11.9, 12.2, 12.0, 11.4, 11.3, 11.0, 11.4, 11.5, 11.4. Die Isothermen laufen den Breitenkreisen ungefähr parallel und liegen weit auseinander, so daß der thermische Gradient gering ist. Selbst größere Verschiebungen geben für die Temperaturverteilung keinen so großen Unterschied wie in Gegenden, wo die Isothermen dicht gedrängt liegen. Man geht also wohl nicht zu weit, wenn man folgert, daß die Wärmeverteilung an der Oberfläche in diesem östlichen Gebiete, das in den Jahren 1901 bis 1903 so geringe Änderungen zeigt, wahrscheinlich überhaupt keinen großen Schwankungen unterworfen ist, sondern in allen Jahren ein verhältnismäßig normales Gepräge zeigt.

Die Grenze des 75. Meridians ist allerdings willkürlich und nur genommen, weil in der Gegend zwischen dem 70. und 80° O-Lg. das Einbiegen der Isothermen in die normale Lage stattfindet. Meistens ist hier die Temperaturverteilung schon normal.

2. **Das westliche und mittlere Gebiet starker Schwankungen.** Ganz anders liegen die Verhältnisse in den als westlicher und mittlerer Teil des südlichen Indischen Ozeans bezeichneten Gebieten. Von Norden dringt an der afrikanischen Küste der Agulhasstrom in das westliche Gebiet. Ein weites Ausbuchten der Isothermen nach Süden zeigt den Einfluß, den seine warmen Wassermassen auf die Temperaturverteilung ausüben. Ungefähr den 40. Meridian können wir als Ostgrenze für diesen Einfluß annehmen. Von hier bis

etwa zum 75. Meridian haben wir ein, durch das Aufwerfen der Frage nach einem südwärts setzenden Strom, höchst interessantes Gebiet. Wohl hat man aus der Summe der Schiffsbeobachtungen ein allgemeines Bild der Verhältnisse gewinnen können, aber die Erscheinungen einzelner Jahre und Monate wurden bisher nicht untersucht.

a) Die Abweichungen bedingt durch die Westwindtrift. Verfolgen wir die Oberflächentemperaturen im westlichen und mittleren Teile für die drei Berichtsjahre, so sehen wir, daß dem Jahre 1901 keine besondere Stellung zukommt. Aus den Karten, Kurven und Tabellen ergibt sich ganz allgemein, daß die Jahre 1901 bis 1903 in diesen Teilen zu kalt waren. 1901 macht hiervon keine Ausnahme. Wenn wir jedoch von der südlichen Kältezone — dem Gebiete nördlich und nordöstlich der Crozet-Inseln — absehen, so sind die Abweichungen in diesem Jahre zwar unregelmäßig in der zeitlichen und örtlichen Verteilung, aber doch verhältnismäßig gering.

Dagegen ging schon aus dem Abschnitt II hervor, daß in den Jahren 1902 bis 1903 die Oberflächentemperaturen als stark anormal bezeichnet werden mußten. Ehe wir aber die Abweichungen vom normalen Mittel selbst besprechen, wollen wir versuchen uns Aufklärung über das Zustandekommen derselben zu verschaffen.

Es dürfte unwahrscheinlich sein, daß die großen Wassermassen der mittleren Breiten an Ort und Stelle zu stark erwärmt oder abgekühlt werden. Sie sind in ihrem Vorhandensein in diesen Gegenden durch Strömungen bedingt, die sie von den Gebieten, wo die Erwärmung oder Abkühlung in großem Maßstabe möglich ist, also von niederen bzw. höheren Breiten, herbeiführen. Die großen negativen Abweichungen, die wir im westlichen Gebiete festgestellt haben, können also nur dadurch zustande kommen, daß entweder die Wassermassen des Agulhasstromes oder die der Westwindtrift zu kalt sind. Der warme, schnellfließende Agulhasstrom breitet sich südlich vom Kaplande aus[1]) und wird durch die ihm entgegendringenden kalten Wassermassen der Trift zersplittert und paralysiert. Je nach der Geschwindigkeit und der höheren oder niederen Temperatur muß sich der Einfluß des jeweilig »kräftigeren« Stromes stärker bemerkbar machen.

Aus den Isametralenkarten (Tafel I), auf die weiter unten näher eingegangen werden wird, sehen wir, daß die negativen Abweichungen in den südlichen und südwestlichen Gebieten am stärksten sind, während sich im Norden teilweise positive Abweichungen finden. Wir kommen so zu der Annahme, daß die Temperaturabweichungen durch die Westwindtrift verursacht sind, und finden eine Begründung für diese Annahme noch dadurch, daß wir jetzt die auffällige Tatsache, daß sich während der kalten Periode, Winter 1902 bis Herbst 1903 im Februar 1903, im Mischwassergebiet eine Wärme-Insel findet, erklären können. Der größeren Intensität der Westwindtrift gelingt es in der Periode 1902 bis 1903 leichter die Wärmemengen des Agulhasstromes zu verteilen und durch Mischung zu vernichten. Im Februar setzt der Agulhasstrom, der in diesem Monat nach Toynbee[2]) die größte Geschwindigkeit besitzt und demnach auch die größte Menge warmen Wassers in diese Gegend führt, dem Mischungsvorgang den größten Widerstand entgegen. Diesen größeren Wärmeüberschuß kann die Trift nicht so schnell ausgleichen, als in den Monaten geringerer Geschwindigkeit, wohl aber gelingt es ihr, — wie die Figuren V und VI veranschaulichen sollen —, der Ausbreitungstendenz entgegen zu arbeiten und den Strom zusammenzustauen, und so einem kleinen Gebiete eine anormal große Wärmemenge zuzuführen, die sich als Gebiet positiver Abweichung bemerkbar macht. Die Wärme-Insel, die sich in dem Mischgebiet findet, ist so durch die verstärkte Wirkung der Westwindtrift zustande gekommen, ohne daß der Agulhasstrom irgendwie anormal war.

---

[1]) Atlas der Deutschen Seewarte für den Indischen Ozean Taf. 3.

[2]) Segelhandbuch für den Indischen Ozean S. 15 und »Ann. der Hydrogr. usw.« 1883 S. 64.

b) Die Kälteperiode Winter 1902 bis Sommer 1903. Nachdem das Jahr 1902 mit einem etwas zu kalten Sommer begonnen, tritt im Herbst die schon oben erwähnte auffällige Erscheinung ein, daß der Mai 1902 durchaus normal ist. Die Wassertemperatur ist ein stabiles Element, d. h. es besitzt eine Erhaltungstendenz gleichsinniger Temperaturabweichungen. Abweichungen

Fig. V.

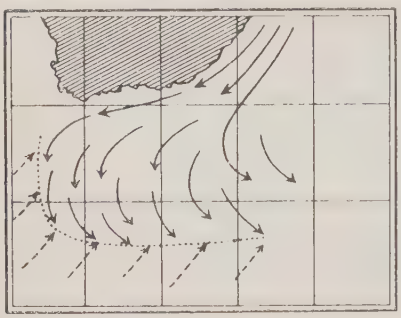
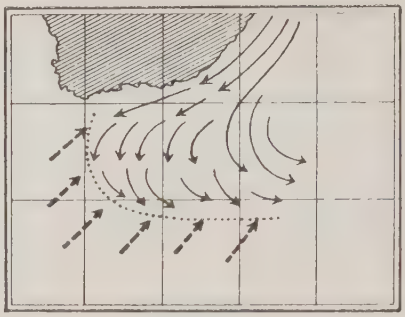


Fig. VI.



nach der einen oder anderen Seite treten selten plötzlich auf, sondern entwickeln sich allmählich und dauern dann längere Zeit an. Das Jahr 1901 und der Februar 1902 sind etwas zu kalt, die zweite Hälfte 1902 und die erste 1903 bedeutend zu kalt. Man dürfte also erwarten, daß die Oberflächentemperatur im Mai 1902 niedriger als 1901 und höher als in den folgenden Terminen 1902 ist. Aber das tritt nicht ein, der Mai widerspricht durch die normale Temperaturverteilung dieser Annahme.

Mit dem August 1902 beginnt man für den südlichen Indischen Ozean — immer abgesehen von seinem östlichen Teile —, eine längere Periode großer negativer Abweichungen. Die Isametralenkärtchen[1]) (Tafel I) für diesen und die folgenden Termine geben am besten ein Bild der Verhältnisse.

Die Differenzen des normalen und beobachteten Wertes sind im August am stärksten ausgeprägt in einem Gebiet, das sich von Südafrika nach Osten bis etwa zum 55. Meridian erstreckt. Ungefähr bei 75° O-Lg. wird die Abweichung = 0°, um dann nur noch geringe Schwankungen von +0.4 bis —0.4 zu machen.

Während in anderen Jahren der November, der südliche Frühling, ein Monat relativ normalen Gepräges ist, findet man im November 1902, daß die Oberflächentemperaturen viel zu niedrig sind. Es besteht eine von Nordwesten nach Südosten gerichtete Furche großer negativer Abweichungen mit zwei getrennten Maxima von fast 4° bzw. über 2° Differenz. Die Lage der Maxima ist die Gegend in 40° S-Br., 35 bis 40° O-Lg. und die Crozetregion.

Nach einem so anormalen Winter und Frühling läßt es sich erwarten, daß auch der Sommer zu kalt ist. Das trifft auch für den Februar 1903 zu, wenngleich in dem westlichen Gebiet größere Änderungen in der Temperaturverteilung vor sich gegangen sind. Die schon oben besprochene positive Abweichung findet sich südsüdöstlich vom Kaplande. Das Maximum negativer Abweichung, auch jetzt noch fast 4° erreichend, wird dadurch ostwärts ge-

---

[1]) Den jetzt wenig gebrauchten Begriff »Isametralen« führte H. W. Dove in der Abhandlung »Die Monats- und Jahresisothermen in der Polarprojektion, nebst Darstellung ungewöhnlicher Winter durch thermische Isametralen«, Berlin 1864, ein.

»Der Ausdruck Isanomalen ist für die Abweichung der Temperaturen eines Ortes von der mittleren Wärme seiner geographischen Breite allgemein gebraucht.«

»Isametralen bezeichnen dagegen die Abweichungslinien der Temperatur von der mittleren Temperatur des Ortes. Sie zerfallen, je nachdem ein Wärme- oder Kälteüberschuß vorhanden ist, in positive oder negative Isametralen.«

drängt. Ebenso tritt südlich von der Wärmeinsel eine Verstärkung der negativen Differenzen ein.

Das letzte Isametralenkärtchen, das vom Mai 1903, zeigt den Eintritt normalerer Verhältnisse. Nirgends erreichen die Abweichungen — 2°, obwohl der ganze Südwesten und die Crozet-Kerguelenregion noch immer Differenzen von über 1° haben.

Die vier Isametralenkarten (Tafel I) zeigen uns nun nicht nur den Betrag und die Verteilung der Abweichungen, sondern sind im Zusammenhang betrachtet, auch der Beweis dafür, daß die ganzen Abweichungen, die wir für den westlichen und mittleren Teil des südlichen Indischen Ozeans, diesem Gebiet höchst wechselvoller Erscheinungen, fanden, nicht auf zufälligen Differenzen oder Beobachtungsfehlern beruhen. Deutlich erkennen wir, wie das im August im westlichen Teil auftretende Gebiet starker Abweichung sich bedeutend verstärkend und den Wind- und Strömungsverhältnissen folgend, nach Osten und Südosten weiterwandert. Nehmen wir den 37. Grad O-Lg. im November als Lage der Mitte des Differenzenmaximums, und desgleichen im Februar den 51. Längengrad, so haben wir in einem Vierteljahr ein ostwärts gerichtetes Verschieben der kalten Massen der oberen Wasserschichten um angenähert 14 Längengrade = rund 550 Seemeilen. Dies gäbe im Etmal eine Geschwindigkeit von ungefähr 6 Seemeilen, eine Zahl, die vollkommen möglich erscheint.

Einen kurzen, jedoch nicht sehr heftigen Kälterückschlag bringt noch einmal der Winter 1903. Dann aber, im November, erkennen wir eine durchgreifende Änderung der Verhältnisse. Die Temperaturverteilung ist normal oder zeigt sogar positive Abweichungen und gewährt damit den Ausblick auf eine Zeit, in der auch im südlichen Indischen Ozean die Oberflächentemperaturen wieder normale Werte annehmen.

IV. Beziehungen zur Antarktis.

1. **Beweis gleichzeitiger Temperaturabweichungen.** Durch die neueren Forschungen von Pettersson und Meinardus ist für den Nordatlantischen Ozean und das Europäische Nordmeer der Einfluß von Schwankungen der Meerestemperatur auf das Klima angrenzender Gebiete festgestellt. Daß ähnliche Beziehungen zwischen unserem Gebiete und der Antarktis bestehen, ist zu vermuten. Es muß eine Wechselwirkung derart stattfinden, daß ein großer in mittleren Breiten im Meere aufgespeicherter Wärmevorrat das Klima der antarktischen Küsten beeinflußt und anderseits eine abnorme Kälte der Antarktis, die sich durch das folgende Vorschieben der Eismassen als Eisberge oder Treibeis in niedere Breiten bemerkbar macht, die Oberflächentemperaturen dieser Breiten erniedrigt. Ob diese Wirkung sich noch weiter nach Norden erstreckt und die Klimaschwankungen der Antarktis in kausalem Zusammenhange mit den durch das Ausbleiben der Monsunregen in Indien bewirkten Dürren stehen, wie neuerdings Pettersson[1]) und indische Forscher vermuten, muß vorläufig wohl dahingestellt bleiben.

Die Ergebnisse der letzten Südpolar-Expeditionen sind bisher nur auszugsweise in Form vorläufiger Mitteilungen oder populärer Werke erschienen, und es kann deshalb nur kurz auf mögliche Wechselbeziehungen der beiden Gebiete hingewiesen werden. Selbstverständlich ist, daß hier der Forschungsbereich der deutschen Expedition, weil am nächsten gelegen, am meisten in Betracht kommt.

Im Jahre 1902/03 ergaben sich auf der deutschen, schwedischen und englischen Expedition die nachstehenden Temperaturen:[2])

[1]) The Geographical Journal, vol. II, September 1904, S. 331.

[2]) Petermanns Mitt. 1904, S. 57.

Tabelle III.

Jahr u. Monat	Kaiser Wilhelm-Land 66° 2′ S-Br., 89° 48′ O-Lg.	Graham-Land 64° 22′ S-Br., 57° W-Lg.	Victoria-Land 77° 49′ S-Br., 166° O-Lg.
1902 II.	[— 3.0]	—	— 9.0
III.	— 8.4	— 9.5	— 13.7
IV.	— 15.6	— 13.5	— 21.9
V.	— 13.6	— 17.0	— 24.9
VI.	— 17.4	— 18.1	— 26.9
VII.	— 18.0	— 24.4	— 22.6
VIII.	— 21.8	— 22.5	— 27.3
IX.	— 17.6	— 14.3	— 25.1
« X.	— 12.9	— 12.7	— 22.8
XI.	— 6.7	— 8.1	— 11.0
« XII.	— 1.0	— 2.0	— 4.8
1903 I.	— 0.8	— 0.9	— 3.9
« II.	[— 4.8]	— 3.5	—
Jahresmittel	— 11.5	— 12.2	— 17.8

Aus der Tabelle folgert Supan, daß der Verlauf der Temperatur im allgemeinen auf allen drei Stationen ein gleicher ist. Die wichtigste Übereinstimmung ist der kalte Herbst, der uns den sicheren Beweis liefert, daß im Jahre 1902 die Wärmeverhältnisse nicht normal waren. Sonst müßte der Herbst wärmer als der Frühling sein, wie eine Zusammenstellung der »Gauß«- und »Discovery«-Werte mit denen der »Belgica« und am Kap Adare zeigt.[1])

Tabelle IV.

		Herbst	Winter	Frühling	Sommer
»Gauß«	1902/03	12.6	— 19.1	— 12.1	— 1.8
»Discovery«	1902/03	— 20.2	— 25.6	— 19.6	— 5.9
Belgica	1898/99	9.1	— 16.8	— 11.1	— 1.5
Kap Adare	1899/1900	13.1	— 24.0	— 17.0	— 0.9

Aus der zweijährigen Temperaturreihe, welche der Untergang des schwedischen Expeditionsschiffes der Wissenschaft brachte, ersehen wir ferner, daß das erste Jahr, vor allem Winter und Frühling, anormal kalt war.[2])

Tabelle V.

Monat	Snowhill 64° 22′ S-Br. 1902	1903	Mittel
Januar	—	— **0.9**	— 0.9
Februar	—	— **3.5**	— 3.5
März	— 9.5	— **11.4**	— 10.4
April	— 13.4	— **14.2**	— 13.8
Mai	— 17.0	— **19.4**	— 18.2
Juni	— 18.1	— **21.3**	— 19.7
Juli	— **24.4**	— 17.5	— 20.7
August	— **22.5**	— 16.4	— 19.4
September	— **14.3**	— 17.0	— 15.7
Oktober	— **12.7**	— 6.0	— 9.4
November	— **8.1**	—	— 8.1
Dezember	— **2.0**	—	— 2.0

Da nun, wie oben gezeigt, die schwedischen Beobachtungen des Jahres 1902 mit denen der Deutschen und Engländer harmonieren, ergibt sich für uns der Schluß, daß auch die deutsche und englische Station ein anormales Jahr hatten, mit anderen Worten, das Jahr 1902/03[3]) war im ganzen Bereich der inter-

[1]) Veröffentlichungen des Inst. für Meereskunde, Heft V, S. 108.
[2]) Petermanns Mitt. 1904, S. 31.
[3]) D. h. die Zeit August 1902 bis Mai 1903.

nationalen Forschungstätigkeit zu kalt. Dasselbe Ergebnis zeitigt aber auch die vorliegende Arbeit. Das korrespondierende Auftreten starker negativer Abweichungen in dem großen Gebiete des südwestlichen Indischen Ozeans macht es gleichfalls wahrscheinlich, daß die von den Schweden für die Westantarktis festgestellte Abweichung sich über das Gesamtgebiet der Antarktis erstreckte.

2. **Die Eisvorstöße.** Auch der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Eisbergen in den befahrenen Breiten und den früher sich bemerkbar machenden Abweichungen der Oberflächentemperatur erscheint nunmehr festgestellt.

In der Zeit vom südlichen Herbst 1899 bis 1902 ist in den befahrenen Breiten der drei Ozeane von Handelsschiffen überhaupt kein Eis gesehen. Erst im August 1902 erscheint es bei Kap Horn. Vom Indischen Ozean ist sogar vom Januar 1899 bis Februar 1903 kein Eis gemeldet worden. Dann aber wird vom deutschen Dampfer »Kiel«, Kapt. Bruhn, das erste Eis gesichtet.[1])

Tabelle VI.

1903	Schiff	S-Br.	O-Lg.	Meldung
3. II.	D. D. »Kiel«	45° 47′	50° 0′	Eisberg. 1° östlicher abermals Eisberg.
15. X.	Brit. D. »Ruapehu«	48°	95°	5 Eisberge, der höchste etwa 40 m hoch.
19. X.	« « »Indrawadi«	46°	102°	Einen großen Eisberg von etwa 250 m Länge und 60 m Höhe bei schönem Wetter in 1 Sm Abstand passiert.
21. XI.	Ital. S. »Felice«	40°	105°	2 Eisberge von 60 bis 120 m Höhe.
20. XI.	« « »Australia«	41°	105°	2 Eisberge, der eine 55 m hoch.

Nach dem kalten Jahre 1902/03 nahm vermutlich das Eis stark zu und konnte so auch niederere Breiten erreichen, als in den normalen Jahren. Wie anormal in der Antarktis das Jahr 1902/03 gewesen ist, dafür bietet vielleicht das von den italienischen Schiffen »Felice« und »Australia« in 40° bzw. 41° S-Br. gesichtete Eis einen Maßstab. Nach Fricker gibt für die Länge 105° der 45. Breitengrad die Nordgrenze für das Vorkommen von Eis an.[2]) Es wurde also noch volle 5 Breitengrade nördlicher Eis gesichtet. Daß das Eis erst etwa ein halbes Jahr später erscheint, würde der Ansicht von Meinardus[3]) über das Ursprungsgebiet entsprechen. Meinardus vermutet, daß das Eis von dem verschiedentlich gesichteten und jetzt auch betretenen Kontinent im Süden des Indischen Ozeans stammt. Die östlichen Winde befördern es zunächst westwärts, und dann führt es die Westwindtrift in die befahrenen Breiten.

3. **Klimaschwankungen der Antarktis.** Interessant ist auch das Beleuchten der Frage, ob die klimatischen Schwankungen der Antarktis periodischer Natur sind. Für die letzten Dezennien können wir in großen Zügen Schwankungen feststellen. Nach einer längeren wärmeren Periode, in die wohl auch die deutsche Expedition nach Südgeorgien 1882 bis 1883 fällt, trat etwa 1892 eine Zeit starker Kältezunahme ein. Den Beweis liefert die große Verbreitung der Eisberge in den Jahren 1892 bis 1896. Weit nach Norden treibend, behinderte das Eis die Schiffahrt stark, und ihm sind vielleicht viele nicht aufgeklärte Schiffsverluste zuzuschreiben, da die Breiten, die, um Ost zu gewinnen, nach den Segelanweisungen abgefahren werden sollten, in diesen Jahren ständig vom Eise bedroht waren.[4]) Dann müssen in den antarktischen Regionen wieder normale Verhältnisse eingetreten sein. Die Sendboten der Antarktis verschwinden in den folgenden Jahren, und 1898 kann die »Valdivia«, ein für die Eisfahrt nicht eingerichtetes Schiff, bis 64° 15′ S-Br. vordringen.

[1]) »Ann. d. Hydr. etc.« 1904, S. 221 ff.
[2]) Fricker, Verbreitung des antarkt. Treibeises. Karte.
[3]) Zeitschrift der Ges. für Erdkunde, Berlin 1902, S. 771—772.
[4]) »Ann. d. Hydr. etc.« 1902, S. 77; siehe auch Pettersson in »The Geographical Journal«, vol. II, 1904, S. 330.

Bis zum Jahre 1902 halten diese günstigen Verhältnisse an. Dann aber tritt eine neue Kälteperiode ein, als deren Folge 1903 die Eisberge erscheinen. Von langer Dauer war diese Kälteperiode nicht; denn 1903/04 gelingt es im Sommer einem argentinischen Kanonenboot, mühelos Nordenskjöld mit der schwedischen Expedition zu erreichen, und ebenso kann die englische Expedition freikommen. Kapt. Colbeck gibt auch an, daß die Eisverhältnisse im Sommer 1904 im Forschungsbereich der englischen Expedition günstiger als ein Jahr früher waren.[1]) Die Charcotsche Expedition scheint — soweit Nachrichten vorliegen — gleichfalls 1904 günstige Verhältnisse getroffen zu haben, und der »Scotia« war es zum ersten Male seit den Zeiten von Weddell und Ross wieder möglich, im Weddelmeere höhere Breiten zu erreichen.

Da nicht in jedem Jahr in der Antarktis selbst durch Expeditionen Beobachtungen über etwaige Schwankungen und damit in kausalem Zusammenhang stehende Vorstöße der Eismassen angestellt werden können, würde es sich darum handeln, die meteorologischen und hydrographischen Elemente in den befahrenen südlichen Breiten der Ozeane aus Schiffsbeobachtungen in jedem Jahr festzustellen, um so auch Schlüsse auf die korrespondierenden Verhältnisse der Antarktis zu ziehen.

Faßt man die Resultate der vorliegenden Arbeit kurz zusammen, so ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

1. In dem westlichen und mittleren Teile des südlichen Indischen Ozeans ist im Gegensatz zum östlichen Teile die Oberflächentemperatur des Meerwassers größeren Schwankungen unterworfen.

2. Im Jahre 1901 waren die Abweichungen vom Mittel gering. Ebenso in der ersten Hälfte 1902. Dann aber finden wir sich stetig verstärkende negative Abweichungen vom südlichen Winter 1902 bis zum Sommer 1903. Gegen Schluß des Jahres 1903 werden die Temperaturen wieder normal.

3. Die niedrigeren Oberflächentemperaturen können durch das Herbeiführen kälterer Wassermassen durch die Westwinddrift verursacht sein und scheinen in kausalem Zusammenhang mit anormalen Temperaturverhältnissen der Antarktis zu stehen.

4. Die Annahme, daß in der Antarktis zur Zeit der internationalen Südpolarforschung im Jahre 1902/03 anormale Verhältnisse geherrscht haben, wird durch die Feststellung großer negativer Abweichungen in den befahrenen Breiten bekräftigt.

[1]) »The Geographical Journal«, April 1905, S. 404.

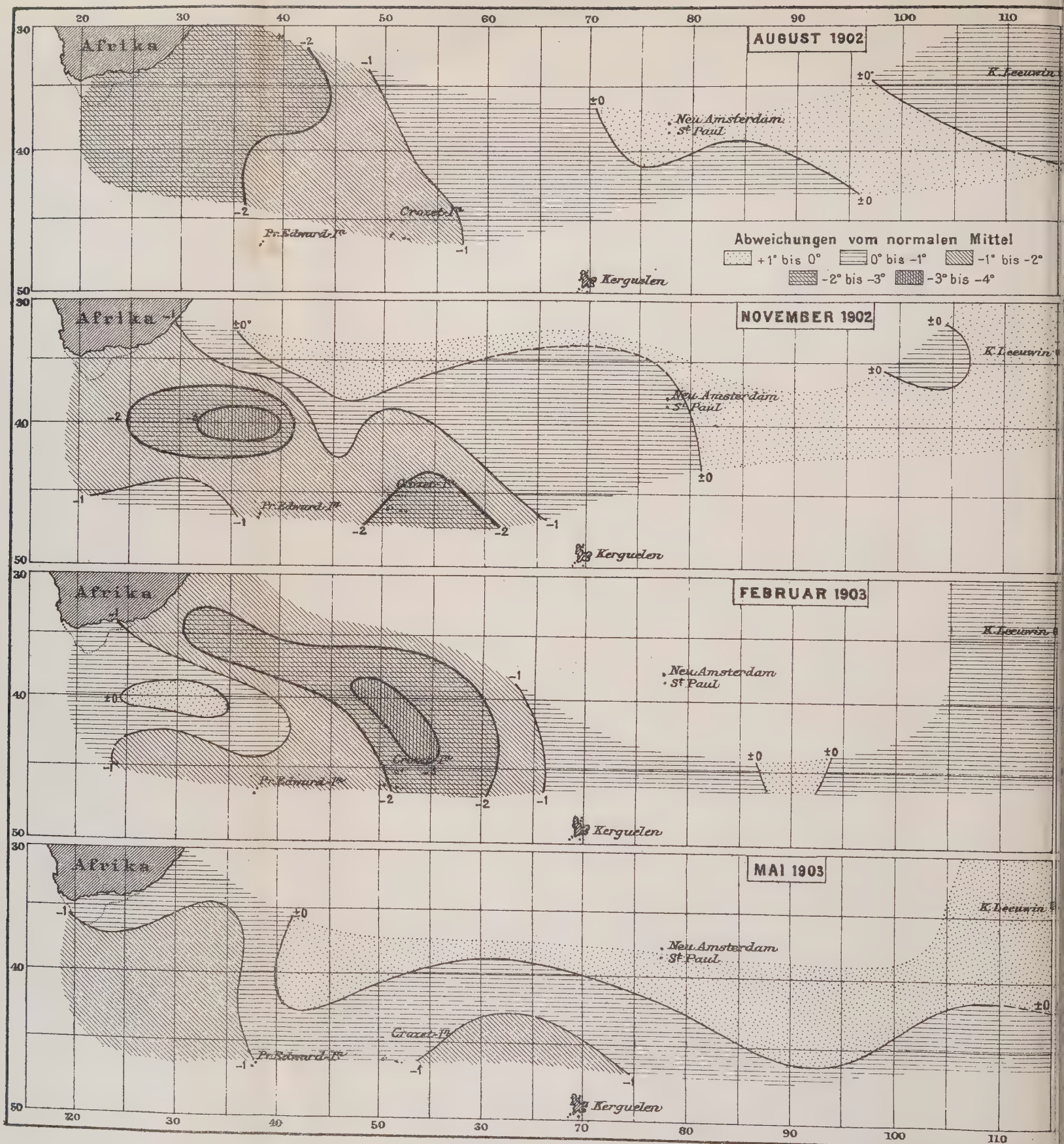
Lebenslauf.

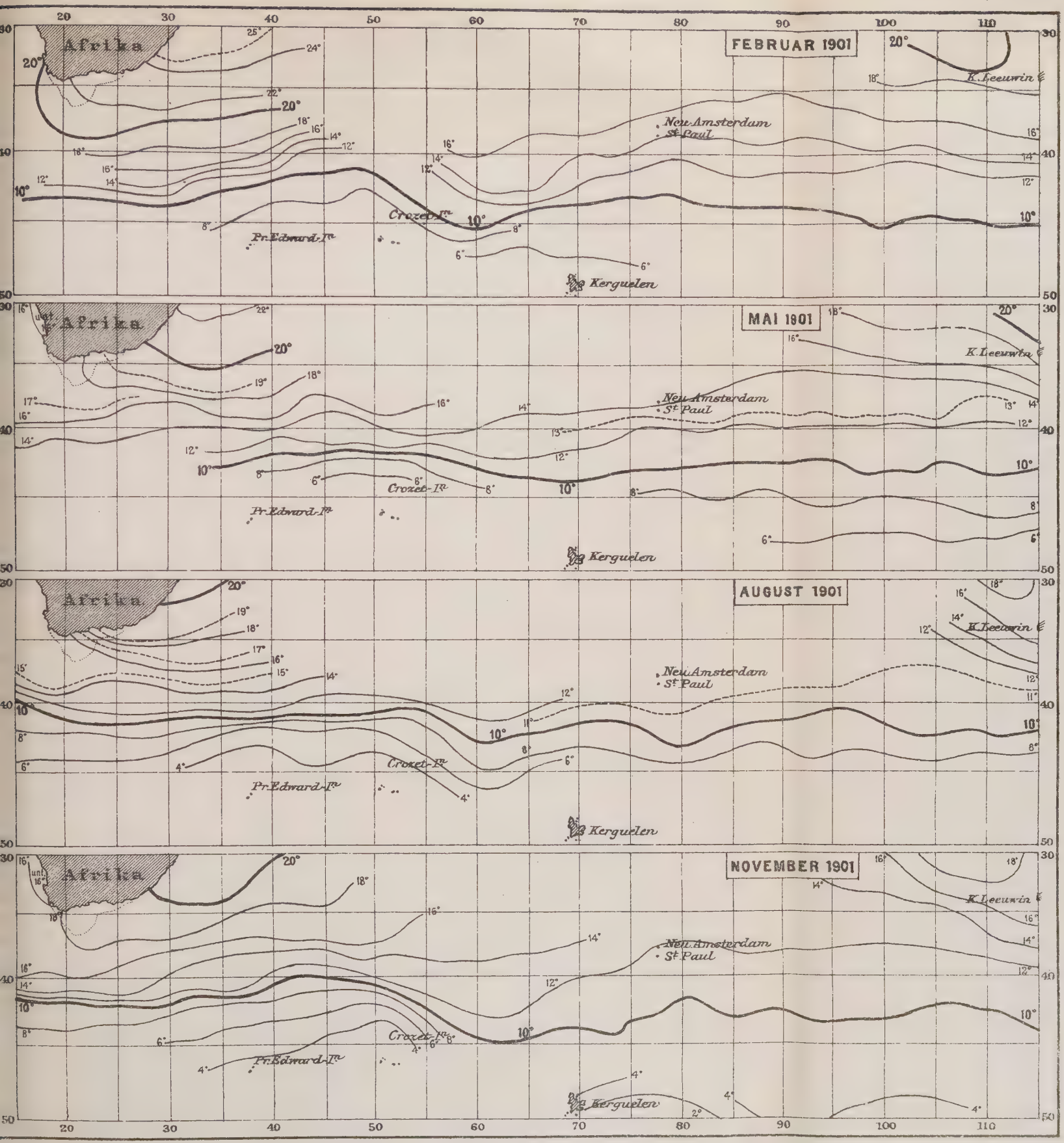
Ich, Friedrich Rudolf Heinrich Lütgens, evangelischer Konfession, bin am 25. Juli 1881 zu Hamburg als Sohn des Ewerführereibesitzers Peter Lütgens geboren. Ich besuchte die Vorschule und das Realgymnasium des Johanneums zu Hamburg, das ich im Herbst 1900 mit dem Reifezeugnis verließ, um in München Geographie, Chemie, Mathematik und Physik zu studieren. In den Wintersemestern 1901/02 und 1903/04 war ich an der Universität Berlin immatrikuliert.

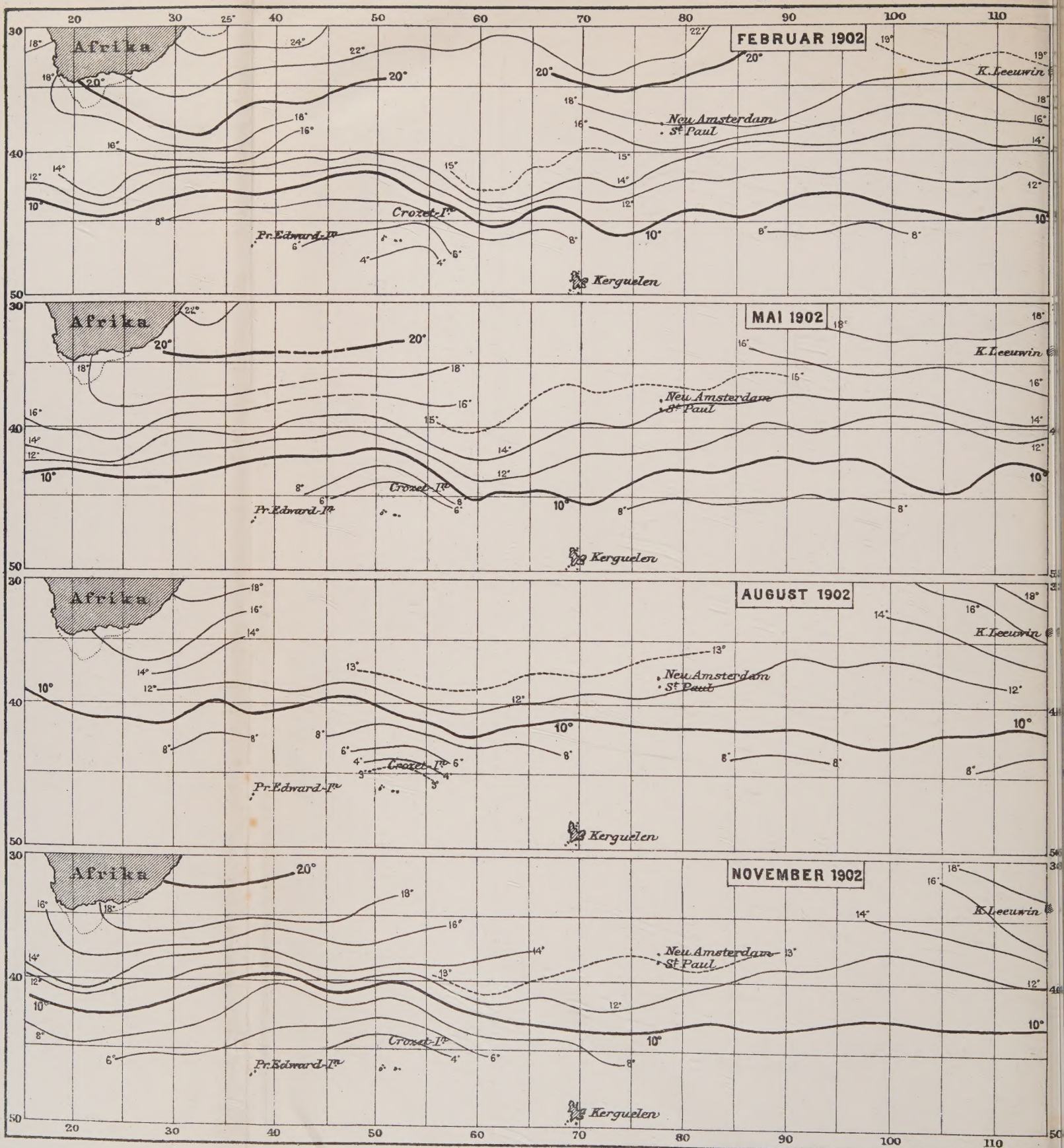
Ich besuchte die Vorlesungen und Übungen der Herren: v. Baeyer, Cornelius, Dieckmann, Erk, v. Heigel, Hilger †, Lindemann, Lotz, Maas, v. Mayr, Oberhummer, Piloty, Pringsheim, Röntgen, Rothpletz, Sinzheimer, Weinschenk, Bauer †, Götz, Günther, Weber (München, Universität und Technische Hochschule), v. Bezold, Knoblauch, Marcuse, Meinardus, v. Richthofen, Wahnschaffe, Beushausen †, Scheibe (Berlin, Universität und Bergakademie).

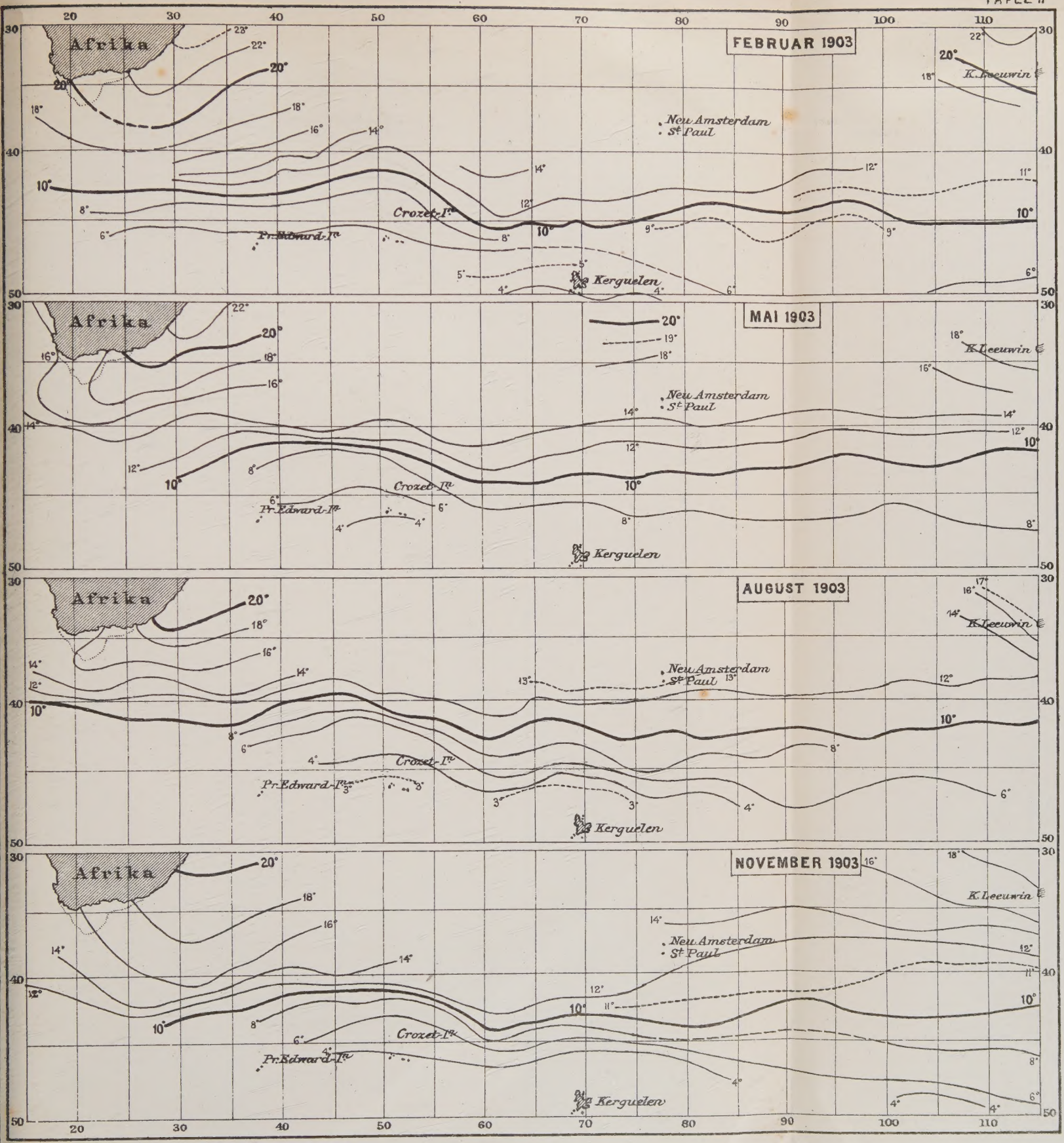
Außerdem arbeitete ich im W-S. 1900/01 und S-S. 1901 im Chemischen Universitätslaboratorium sowie im W-S. 1902/03 und S-S. 1903 in der Kgl. Bayr. Meteorologischen Zentralstation. Vom März 1904 bis April 1905 weilte ich in Hamburg, wo ich an der Deutschen Seewarte die vorliegende Arbeit verfaßte. Das Examen rigorosum bestand ich am 8. Juni 1905.

Allen meinen verehrten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen besten Dank aus, vor allem Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Freiherrn v. Richthofen und Herrn Privatdozenten Dr. Meinardus für die mannigfachen Anregungen, die mir von ihrer Seite im Laufe meines Studiums zu teil wurden. Auch Herrn Professor v. Drygalski danke ich für die Unterstützung und das Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte.


AUGUST 1902
NOVEMBER 1902
FEBRUAR 1903
MAI 1903
Afrika
K. Leeuwin
Neu Amsterdam
St Paul
Crozet-I.
Pr. Edward-I.
Kerguelen
Abweichungen vom normalen Mittel
+1° bis 0°
0° bis -1°
-1° bis -2°
-2° bis -3°
-3° bis -4°


FEBRUAR 1901
MAI 1901
AUGUST 1901
NOVEMBER 1901
Afrika
K. Leeuwin
Neu Amsterdam
St Paul
Crozet-Is
Pr. Edward-Is
Kerguelen


FEBRUAR 1902
MAI 1902
AUGUST 1902
NOVEMBER 1902
Afrika
Neu Amsterdam
St Paul
K. Leeuwin
Crozet-I.
Pr. Edward-I.
Kerguelen
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
30 40 50

üdlichen Indischen Ozean
903

TAFEL II